

전기자극치료를 동반한 운동치료가 전방십자인대 재건술 환자의 통증, 관절가동범위, 근력에 미치는 영향

민동기^{1*}, 이상재²

¹대구보건대학교 물리치료과, ²대구 더열린병원

The Effects of Therapeutic exercise with Electrical Stimulation on Pain, Range of motion, Muscle strength in patients after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Dong-Ki Min^{1*}, Sang-Jae Lee²

¹Dept. of Physical Therapy, Daegu health college

²The open hospital, Daegu

요약 본 연구는 전방십자인대 파열로 전방십자인대 재건술을 받은 환자를 대상으로 전기자극치료를 동반한 운동치료가 무릎관절 통증, 관절가동범위, 근력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다. 본 연구 대상자는 전방십자인대 파열로 진단 받아 전방십자인대 재건술을 받은 환자 20명을 선정하여, 무작위 배분으로 운동치료를 수행할 대조군 10명, 전기자극치료를 동반한 운동치료를 수행할 실험군 10명으로 구성하였다. 운동치료방법은 선행 연구를 참고하여 구성된 3가지 운동을 총 3주간 실시하였다. 측정도구로 무릎관절 통증정도는 시각적 상사척도를 관절가동범위는 측각기를 근력은 휴대용역량계를 이용하였다. 통계학적 분석은 각 그룹 내 비교는 대응표본 t-검정, 각 그룹 간 비교는 독립표본 t-검정으로 분석하였다. 본 연구 결과 중재 후 실험군이 대조군에 비해 모든 측정 결과가 유의하게 향상되어 나타났다($p < .05$). 이와 같은 결과를 바탕으로 전방십자인대 재건술 환자를 대상으로 무릎관절 치료와 함께 전기자극치료를 동반한 운동치료를 실시한다면 환자의 통증, 관절가동범위, 근력에 좀 더 효과적이라고 판단된다.

Abstract This study was to investigate the effect of therapeutic exercise with electrical stimulation on knee joint pain, range of motion and muscle strength in patients who underwent anterior cruciate ligament reconstruction. The subjects of this study were recruited who diagnosed with anterior cruciate ligament rupture and undergoing anterior cruciate ligament reconstruction, total of 20 patients were randomly divided to the 10 control groups and 10 experimental groups. The therapeutic exercise was carried out for 3 weeks with three exercises made by referring to the previous study. The measurement tools used were knee joint pain measurements were made using the visual analogue scale, range of motion was measured using a goniometer, and the muscle strength was measured using a handheld dynamometer. In the statistical analysis, to compare about pre and post test the difference in each same groups was accomplished by using the paired t-test, and compare the difference between the different each groups was accomplished by using the independent t-test. The results of the study showed that the experimental group showed significantly enhanced results than the control group($p < .05$). Based on these results, it is concluded that it is effective for the recovery of the patient if the therapeutic exercise with electrical stimulation in parallel with knee joint therapy are performed for the patients with anterior cruciate ligament reconstruction.

Keywords : Pain, Range of motion, Muscle strength, Anterior Cruciate Ligament, Therapeutic exercise, Electrical stimulation

*Corresponding Author : Dong-Ki Min(Daegu health college)

Tel: +82-53-320-4537 email: limp0206@hanmail.net

Received October 11, 2018

Revised (1st October 25, 2018, 2nd October 30, 2018)

Accepted February 1, 2019

Published February 28, 2019

1. 서론

무릎관절은 인체의 가장 복잡한 관절중 하나이며, 역학적으로 많은 운동범위를 요구하는 관절이기 때문에 여러 인대와 강한 근육 등으로 이루어져 있다. 많은 신체활동 상황에서 무릎관절에 심한 스트레스가 가해지므로, 많은 손상이 남는 관절이다. 무릎관절은 굽힘과 펴 운동이 가능한 경첩관절이며 기능면에서는 체중부하를 담당하고, 또한 외부에 노출되어 있는 관계로 손상의 위험이 매우 높은 관절이다[1]. 전방십자인대의 손상은 주로 격렬한 스포츠 활동에 의해 유발되는 가장 흔하고 치명적인 무릎 손상 중 하나이다. 손상기전은 지면에 발이 착지한 상태에서 무릎의 과다 펴이나 방향 전환 시 급작스럽게 손상된다[2]. 수술 후 일반적으로 일정 기간 깁스를 한 후 떼어내고 나면, 전방십자인대 손상 부위 무릎관절의 굽힘, 펴 운동 시 불완전한 수축, 이완으로 통증을 동반하게 되고, 정상 관절가동범위(range of motion, ROM)내의 운동이 이루어지지 않는 것을 관찰할 수 있다. 이는 무릎관절 인대 손상이 관절가동범위에 따라 발현하는 넵다리 부위의 근력 감소를 초래하는데, 특히 넵다리뼈(femur)의 펴 시 작용하는 넵다리네갈래근(quadriceps femoris muscle)과 굽힘 시 작용하는 뒤넵다리근(hamstring muscle)의 근력을 매우 떨어지게 한다[3]. 또한 선행연구에서 수술 후 넵다리네갈래근의 근력 및 근 활성도는 수술 전에 비해 5~20% 정도의 감소와 근 위축(muscle atrophy)이 발생하며[4], 수술 부위 절개 및 수술 과정에서 주변조직 손상으로 통증이 동반되어 관절 기능저하가 발생한다고 한다[5], 넵다리네갈래근의 근력은 일상생활 기능동작과 밀접한 연관이 있고[6], 낙상 등 일상생활능력 감소로 이어질 수 있기 때문에, 근력을 정상수준으로 회복시키는 것은 매우 중요하며 초기부터 바로 실시되어야 한다[7].

전방십자인대 재활에서 초기 넵다리네갈래근의 강화가 중요한데, 무릎 펴 운동이 가장 흔하지만 넵다리뼈에 대해 정강뼈(tibia)를 앞쪽으로 당기는 힘을 발생시켜 전방십자인대에 더 큰 부담을 줄 수 있다. 이러한 영향을 최소화하기 위해 넵다리네갈래근과 뒤넵다리근의 역할을 반대로 적용하여 무릎굽힘 운동을 하면서 넵다리네갈래근을 협응수축(co-contraction)하는 방법으로 무릎관절 주변 근력을 강화하는 방법을 고안하여, 무릎굽힘을 하면서 넵다리네갈래근과 뒤넵다리근의 협응수축 운동은

전방십자인대에 부하를 주지 않고 운동할 수 있는 방법이다[8]. 이러한 방법으로 넵다리네갈래근을 강화시켜야 하는 이유는 무릎관절은 기능적으로 안정시키고 이로 인해 내인성 진통물질의 분비가 증가되며, 근육을 재조건화 시키고, 통증으로 잘못 인지되는 근 피로 감각을 감소시켜 통증을 완화시키는 역할을 한다[9]. 하지만 무릎관절 전방십자인대 재건술 후 과거의 재활운동은 등속성 운동, 등척성 운동, 레그프레스 등의 전방십자인대 수술 부위에 부하가 많이 가는 고강도의 근력운동을 실시한 경우가 많았는데, 수술 직후에는 근력이 많이 떨어져 있기 때문에 오히려 무릎관절에 염증을 유발시키는 결과를 초래하기도 한다[10].

이러한 문제점은 전기자극치료가 많은 도움이 될 수 있는데, 전기자극치료(electrical stimulation)는 미세한 전류를 흘려 근수축을 유발하고, 반복적인 수축을 통한 근육에 부하를 증가시켜 근력 향상을 시킬 수 있고[11], 신경근 전기자극치료는 근 위축 예방과 근력 향상, 회복 기간을 단축시키는데 효과적이며[12], 근위축 환자들에게 적용하여 넵다리네갈래근 운동 능력 및 근력증가가 확인되었다고 한다[13]. 이전 연구에서는 신경근 전기자극 중재의 일환으로 리시안전류가 전방십자인대 손상 환자의 넵다리네갈래근 근력 개선에 대한 효과를 알아보고 운동치료 및 손상시기별 효과를 비교한 논문이 있었다[14].

전기자극치료가 활동전위에 영향을 미쳐 근 수축을 유발하기 때문에 회복기 환자의 근력증가에 큰 도움이 될 수 있을 것이라고 알려져 있고[15], 또한 20Hz를 이용한 넵다리네갈래근 전기자극치료가 다른 주파수를 이용한 방법보다 근력이 더 잘 유지되고, 근력 향상에 많은 도움이 된다는 선행연구를 참고하여[16], 본 연구에서 전기자극치료의 주파수는 20Hz를 사용하였다.

따라서 본 연구에서는 전기자극치료를 동반한 운동치료가 전방십자인대 수술 후 통증, 관절가동범위, 근력에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

2.1 연구대상자 및 연구기간

본 연구의 대상자는 대구광역시 소재 T 병원에 내원한 50세 이하 환자 중 전방십자인대 파열로 진단받아 전방십자인대 재건술을 받은 환자 20명을 선정하였다. 무작위 배치로 운동치료군 10명, 전기자극을 동반한 운동치료군 10명으로 나누어 각각 3주간 주 3회 중재를 수

행하였다. 참여하는 모든 대상자에게 연구 내용을 설명하고, 자발적 참여 동의를 구하여 실시하였다.

연구 대상자 선정 기준과 제외 기준은 다음과 같다.

2.1.1 연구 대상자 선정 기준

첫째, 전방십자인대 파열로 진단받아 전방십자인대 재건술을 받은 50세 이하 환자

둘째, 운동치료를 수행하는데 영향을 주는 신경학적 이상이 없는 자

셋째, 수술 후 염증이거나 다른 부작용이 발생하지 않은 자

넷째, 연구 목적 및 방법에 대해 인지하고, 자발적 동의를 얻은 자

2.1.2 연구 대상자 제외 기준

첫째, 무릎관절을 제외한 다른 관절의 질환을 가진 자

둘째, 과거 허리 손상이나 다른 수술을 받은 자

셋째, 신경학적 질환 및 기타 장애를 가진 자

넷째, 운동치료가 및 전기자극치료가 불가능한 자

2.2 연구방법

2.2.1 운동치료 방법

본 연구에서의 운동치료는 전방십자인대 재건술을 대상으로 한 여러 선행 연구들을 참고하여 운동을 구성하였다[8][17-18].

총 3주간 주3회 운동을 실시하였고, 운동은 넙다리네갈래근 근고정 운동(quadriceps - setting exercise), 엎드려 무릎 굽힘 운동(prone knee flexion exercise), 바로 누워 균형운동(supine balance exercise)을 10초 유지 1회로 하여, 총 10회씩 3세트 적용하였다.

첫 번째로, 넙다리네갈래근 근고정 운동(quadriceps - setting exercise)의 운동방법은 바로 누운 자세에서 무릎을 최대한 펴고 무릎 밑에 공(ball)이나 슬링(sling)을 이용한다. 넙다리네갈래근에 힘을 주면서 슬링을 아래 방향으로 누르며 10초유지 하였다가 힘을 빼는 것을 반복한다. 이때 발뒤꿈치와 엉덩이가 바닥에서 떨어지지 않도록 주의하고, 10회 1세트로 총 3세트 반복 수행한다 (Fig. 1).



Fig. 1. quadriceps - setting exercise (start, finish)

두 번째로, 엎드려 무릎 굽힘 운동(prone knee flexion exercise) 운동방법은 환자는 엎드려 누운 자세에서 중력의 저항과 부하를 케이블/도르래 시스템(pulley)을 통해 무릎관절을 굽힘하고, 펴하면서 천천히 버텨주는 동작을 10회 1세트로 하여 총 3세트 반복 수행한다(Fig. 2).

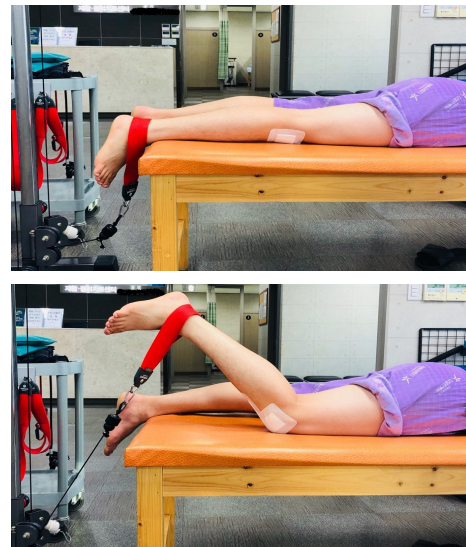


Fig. 2. prone knee flexion exercise (start, finish)

세 번째로, 바로 누워 균형운동(supine balance exercise)은 바로 누운 자세에서 환측 무릎관절을 굽힘하여 벽면에 있는 밸런스 패드(balance pad)에 놓고 가능

한 힘을 주어 지지하며, 세라밴드(thera-band)를 이용해 의도적인 흔들림에 대한 협응수축을 하여 최대한 버티며 10회 1세트로 하여 총 3세트 반복 수행한다(Fig. 3).



Fig. 3. supine balance exercise

2.2.2 전기자극치료를 동반한 운동치료

본 연구에서는 실험군은 대조군과 같은 운동치료 방법을 실시하였다. 20Hz를 주파수를 이용한 전기자극치료가 다른 주파수를 이용한 방법보다 근력이 더 잘 유지되고, 근력 향상에 많은 도움이 된다는 선행연구를 참고하여[16], 전기자극 주파수를 20Hz로 설정하여, 운동치료 시 동시 실시하여 수행하였다.

첫 번째로, 20Hz 전기자극 넙다리내갈래근 근고정 운동으로 운동 수행방법은 위에 설명한 내용과 같다(Fig. 4).

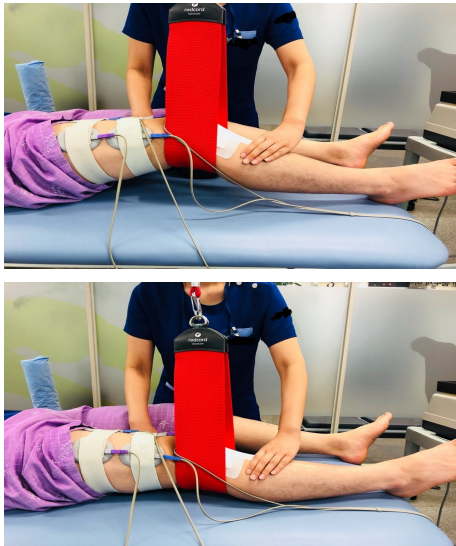


Fig. 4. quadriceps - setting exercise with 20Hz electrical stimulation

두 번째로, 20Hz 전기자극 엎드려 무릎 굽힘 운동으로 운동 수행방법은 위에 설명한 내용과 같다(Fig. 5).

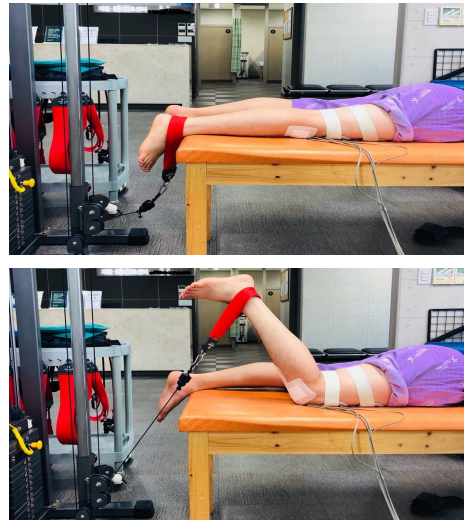


Fig. 5. prone knee flexion exercise with 20Hz electrical stimulation

세 번째로, 20Hz 전기자극 바로 누워 균형운동으로 운동 수행방법은 위에 설명한 내용과 같다(Fig. 6).



Fig. 6. supine balance exercise with 20Hz electrical stimulation

2.3 평가도구 및 측정방법

본 연구의 중재에 따른 통증, 관절가동범위, 근력에 효과를 알아보기 위해 중재 전 측정을 실시하고, 3주간의 중재 후 측정을 실시하였다.

측정은 모든 대상자를 물리치료경력 5년 이상의 장비를 사용에 숙달되어 있는 물리치료사에 의해 동일하게 측정하였다.

2.3.1 시각적 상사 척도(Visual analogue scale)

무릎관절 통증 정도를 측정하기 위해 시각적 상사 척도(visual analogue scale)를 이용하였으며, 기록방법은 통증이 없을 경우 0으로 나타내며, 통증이 심할수록 최대 10까지 나타낸다. 환자가 스스로 느끼는 통증 정도를

0에서 10까지 주관적으로 기록하도록 하였다[19].

2.3.2 측각기(Goniometer)

무릎관절의 관절가동범위를 측정하기 위한 방법으로 측각기(goniometer)를 이용하여, 무릎관절의 굽힘(flexion)과 펴기(extension)를 측정하였다. 환자는 통증을 느끼지 않는 최대 범위 내에서 각도를 측정하였으며, 3회 측정하여 평균값을 구하였다[20].

첫 번째로, 무릎관절 굽힘(knee flexion) 측정방법은 엎드린 자세에서 측각기의 축은 무릎관절 가쪽관절용기에 고정자는 넙다리뼈의 중심선에 가동자는 종아리 외측 중심선을 따라 배치한다[21]. 대상자의 가장 편안하게 한 상태에서 다리를 들어 무릎을 최대한 굽히게 하고 무릎관절의 굽힘 각도를 측정한다. 통증을 느끼지 않는 최대 범위에서 측정한다[22].

두 번째로, 무릎관절 펴기(knee extension) 측정방법은 엎드린 자세에서 측각기의 축은 무릎관절 가쪽관절용기에 고정자는 넙다리뼈의 중심선에 가동자는 종아리 외측 중심선을 따라 배치한다[21]. 대상자의 다리에 힘을 모두 뺀 상태에서 자연적으로 최대 펴기 된 상태의 관절범위를 측정한다[20].

2.3.3 휴대용 역량계(Handheld dynamometer)

무릎관절의 근력측정을 위한 신뢰성(ICC=0.96)이 높고 타당성이 있는 측정도구이며, 크기가 작고 사용법이 간단해 무릎관절 근력 측정 시 임상에서의 활용이 용이한 객관적인 근력 측정방법으로 알려져 있다[23]. 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

첫 번째로, 넙다리내갈래근(quadriceps femoris)의 근력 측정방법은 대상자가 바로 누운 자세에서 무릎 아래 베개로 받치고, 측정 위치는 정강뼈 먼쪽 앞면에 두고, 대상자의 무릎을 펴게 하는 힘을 버텨내도록 하였다[24](Fig. 7).



Fig. 7. quadriceps femoris muscle strength measurement

두 번째로, 뒤넙다리근(hamstring muscle)의 근력 측정방법은 대상자가 엎드려 누운 자세에서 골반을 고정시키고, 아킬레스건 바로 위에 측정장비를 위치하여 무릎관절을 굽히는 힘을 버텨내도록 하였다[25](Fig. 8).



Fig. 8. hamstring muscle strength measurement

2.4 통계처리

본 연구의 모든 통계처리는 SPSS / PC Ver.23.0을 사용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 두 그룹간 일반적인 특성에 대한 동질성을 검정하기 위해 카이제곱검정(chi-square test)과 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 각 그룹 내 중재 전과 중재 후 효과를 알아보기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)를 실시하였고, 각 그룹 간 검사는 독립표본 t-검정을 실시하였다. 모든 통계학적 유의수준은 .05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 50세 이하 전방십자인대 재건술을 받은 총 20명의 대상자들을 운동치료군 10명, 전기자극치료를 동반한 운동치료군 10명으로 구성되었다.

대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같으며, 두 군 간의 특성에 유의한 차이가 나타나지 않았으므로 ($p>.05$), 두 군 간 동질한 것으로 나타났다[Table 1].

Table 1. General characteristics of subjects (n=20)

Group	CG	EG	t	p
Gender (M / F)	8 / 2	8 / 2	0.000	1.000
Age (years)	34.50±9.32	30.70±8.49	0.95	0.35
Height (cm)	168.30±7.42	168.90±7.73	-0.17	0.86

CG: Control group *p<.05
EG: Experiment group

3.2 중재에 따른 통증정도 점수 비교

각 그룹의 시각적 상사 척도 점수(visual analogue scale, VAS)의 비교는 중재 전·후 각 그룹 내 변화에서 두 그룹 모두 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 2]. 그리고 중재 후 그룹 간 변화에서도 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 2].

Table 2. Comparison of visual analogue scale score between each groups

(unit: score)				
Group	Pre	Post	t	p
CG	8.30±0.82	4.30±1.41	6.508	0.001*
EG	7.80±0.78	2.80±1.47	13.693	0.001*
t	1.387	2.318		
p	0.182	0.032*		

CG: Control group * $p<.05$
EG: Experiment group

3.3 중재에 따른 관절가동범위 비교

3.3.1 무릎관절 굽힘 각도 비교

각 그룹의 무릎관절 굽힘(knee flexion)각도의 비교는 중재 전·후 각 그룹 내 변화에서 실험군에서 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 3]. 그리고 중재 후 그룹 간 변화에서도 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 3].

Table 3. Comparison of knee flexion range of motion each groups

(unit: degree)				
Group	Pre	Post	t	p
CG	49.60±13.54	64.20±9.41	-4.424	0.002*
EG	46.80±12.94	75.20±10.76	-10.09	0.001*
t	0.47	-2.43		
p	0.64	0.035*		

CG: Control group * $p<.05$
EG: Experiment group

3.3.2 무릎관절 펴는 각도 비교

각 그룹의 무릎관절 펴는(knee extension)각도의 비교는 중재 전·후 각 그룹 내 변화에서 두 그룹 모두 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 4]. 그리고 중재 후 그룹 간 변화에서도 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 4].

Table 4. Comparison of knee extension range of motion each groups

(unit: degree)				
Group	Pre	Post	t	p
CG	11.20±4.02	8.40±2.36	2.47	0.04*
EG	13.10±4.99	5.00±3.55	5.78	0.001*
t	-0.94	2.52		
p	0.36	0.02*		

CG: Control group * $p<.05$
EG: Experiment group

3.4 중재에 따른 무릎관절 근력 비교

3.4.1 넓다리네갈래근 근력 비교

각 그룹의 넓다리네갈래근(quadriceps femoris)의 근력 비교는 중재 전·후 각 그룹 내 변화에서 두 그룹 모두 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 5]. 그리고 중재 후 그룹 간 변화에서도 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 5].

Table 5. Comparison of quadriceps femoris muscle strength between each groups

(unit: kg)				
Group	Pre	Post	t	p
CG	4.75±1.04	10.64±1.52	-8.85	0.001*
EG	5.37±1.51	13.40±2.92	-6.78	0.001*
t	-1.07	-2.64		
p	0.30	0.017*		

CG: Control group * $p<.05$
EG: Experiment group

3.4.2 뒤넓다리근 근력 비교

각 그룹의 뒤넓다리근(hamstring muscle)의 근력 비교는 중재 전·후 각 그룹 내 변화에서 두 그룹 모두 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 6]. 그리고 중재 후 그룹 간 변화에서도 통계학적인 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$)[Table 6].

Table 6. Comparison of hamstring muscle strength between each groups

(unit: kg)				
Group	Pre	Post	t	p
CG	4.97±1.13	10.28±1.31	-10.40	0.001*
EG	5.60±1.70	13.82±3.76	-5.88	0.001*
t	-0.97	-2.80		
p	0.35	0.01*		

CG: Control group * $p<.05$
EG: Experiment group

4. 고찰

전방십자인대 재건술 환자에게 물리치료의 목적은 무릎관절의 기능 증진과 손상 전 무릎 상태로의 회복과 원활한 사회생활로의 복귀에 있다. 전방십자인대 재건술로 인해 넵다리네갈래근에 약화가 발생하여 지속적인 신경근 조절을 악화시키므로 이러한 문제를 개선하기 위해 넵다리네갈래근의 근력강화는 물리치료에서 적극적으로 시행되어야 하고[26], 전방십자인대 재건술 환자의 무릎관절 통증과 관절가동범위 개선 또한 중요한 중재 계획이다[27].

따라서 본 연구에서는 전방십자인대 재건술 후 나타나는 증상 중 무릎기능과 관련된 통증, 관절가동범위, 근력이 있어 전기자극치료를 동반한 운동치료가 무릎관절에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시하였다.

본 연구의 결과 무릎관절 통증정도 변화에서는 두 그룹 모두 중재 후 통증이 감소되었고, 특히 실험군에서 중재 후에 대조군에 비해 유의한 감소를 보였다. 이는 Mintken 등의 신경근 전기자극 중재를 통한 전방십자인대 재건술 환자의 무릎상해와 관절염 결과지수의 전 항목인 통증 증상 일상생활 동작 놀이 및 여가 삶의 질이 수술 전에 비해 모두 증가하였다는 선행연구와 일치하는 결과를 나타내었다[28].

운동치료만 실시한 대조군에서도 통증감소에 효과적이었지만, 전기자극치료를 동반하면 더욱 통증 감소에 효과적이라 보여진다. 이러한 결과에서 통증정도가 대조군과 실험군 모두 중재 후 유의한 감소를 보이는 것은 수술 후 통증감소를 위한 드레싱, 약물치료 등 다양한 원인에 의해 감소되었을 가능성이 있고, 두 그룹 모두 운동치료를 실시하여 근육의 혈액순환과 자극을 통한 감소가 나타났다고 판단된다. 하지만 실험군에서 전기자극치료가 중추신경의 빠른 적응과 근조직을 증가시키고[29], 부종과 통증을 일으키는 관절기원성 억제를 완화시켜 대조군에 비해 실험군에서 통증정도의 유의한 감소가 나타난 것으로 보여진다[26].

관절가동범위의 변화에서는 두 그룹 모두 중재 전보다 중재 후 관절가동범위가 개선되었고, 특히 실험군에서 중재 후 대조군에 비해 유의한 향상을 보였다. 이는 문대형(2015)의 전방십자인대 재건술 후 보행패턴 재활운동에서 굽힘 관절가동범위가 96.71에서 127.85로 향상된 결과와 펴 관절가동범위가 5.85에서 0.71로 효과적

으로 향상시켰다는 선행연구와 일치하는 결과를 나타내었다[20]. 전방십자인대의 손상은 관절낭 및 구조 변형 등의 복합적인 요인으로 관절가동범위를 제한하며[31], 근력약화가 일어나면서 연부조직과 관절에 적응성 단축이 일어나 관절가동범위를 감소시킨다고 하였다[32]. 이때 무릎관절 주변 근육들의 운동을 통해 관절가동범위를 유지시키는 것은 재활과정에서 매우 중요하며[33], 근력운동으로 인한 근육활동의 증가가 무릎관절의 움직임에 많은 영향을 미친다고 알려져있다[34-35]. 본 연구에서의 운동치료와 전기자극치료를 통한 근육자극이 무릎관절 관절가동범위 향상에 의미있는 영향을 미친 것으로 판단된다.

근력의 변화에서는 두 그룹 모두 중재 전보다 중재 후 근력이 향상되었고, 특히 실험군에서는 중재 후 대조군에 비해 유의한 향상을 보였다. 이는 전방십자인대 재건술 후 재활운동적용 2주, 4주, 6주의 경과 기일에 따라 운동군의 환측 및 건측 엉덩관절 굽힘근, 펴근, 모음근, 벌림근의 근력이 대조군 보다 유의하게 증가하고, 넵다리 근육면적이 146cm²에서 143.1cm², 147.9cm², 152.2cm²로 향상되었다는 연효정(2006)의 선행 연구와 일치하는 결과를 나타내었고, 진동자극을 이용한 저항운동을 실시하여 넵다리네갈래근 근력이 71.17%에서 189.00%으로 의미있는 향상을 나타낸 배창환(2013)의 연구결과 또한 일치하게 나타내었다[36-37]. 또한 경피신경전기자극을 적용하여 넵다리네갈래근의 활성도 증가 및 근력개선을 보고한 선행연구에서 일반적인 운동치료와 함께 병행하여 실시하였을 때 유의한 효과가 있었다고 나타났다[38]. 전방십자인대 재건술 후 넵다리네갈래근과 뒤넵다리근의 근력회복에 중점을 두고 근력손실을 빠른 시간 안에 줄이면 무릎관절의 나타나는 기능 저하뿐만 아니라 삶의 질을 개선시키는데 도움이 될 것으로 보고되었고[39], 전방십자인대 재건술 후 넵다리네갈래근의 근력 회복은 재활과정에서 최우선적으로 고려되어야 하는 과제이며[40], 근 수축으로 지근 및 속근 섬유에 발달이 근력향상에 도움이 되고[41], 근육이나 힘줄에 전기자극을 줌으로써 신경경로에 영향을 미치고[42], 근 방추 수용기의 활성화는 주변 근육까지도 영향을 주어 근력향상에 긍정적인 영향을 준 것으로 생각된다[43]. 선행연구 결과에서 볼 수 있듯이 전기자극치료를 동반한 운동치료가 무릎관절 주변 근육인 넵다리네갈래근과 뒤넵다리근 근력향상에 많은 도움이 된 것으로 판단된다.

따라서 이상의 결과들을 종합하여 볼 때, 전기자극치료를 동반한 운동치료를 실시한 실험군에서 통증, 관절가동범위, 근력에 유의한 향상을 보이므로 실제 임상에서 널리 활용 할 것을 제안한다.

본 연구에서 전방십자인대 재건술 받은 환자 20명으로 실시한 것으로 대상자 수가 적어 모든 환자들에게 일반화하여 분석하기는 어렵고, 병원 입원기간 때문에 중재를 3주라는 짧은 기간 적용할 수 밖에 없었던 점, 일반적인 염증치료 및 통증치료와 약물치료의 영향을 대상자 모두 일관성 있게 통제하지 못한 점과 무릎관절 기능적인 평가를 하지 않은 점과 같은 연구의 제한점이 있다. 이러한 제한점을 보완하여 좀 더 세밀하고 깊이 있는 분석과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 전방십자인대 재건술 환자를 대상으로 전기자극치료를 동반한 운동치료를 실시하여 무릎관절 통증, 관절가동범위, 근력에 미치는 영향에 대해 알아보고자 실시하였다. 연구 결과 대조군에 비해 실험군에서 모두 통증, 관절가동범위, 근력에서 모두 유의한 효과를 나타내었다.

따라서 전방십자인대 재건술 환자를 치료할 때, 전기자극치료를 동반한 운동치료를 실시한다면 무릎관절 회복에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

References

- [1] W. S. Cho, "The Results of Sports Rehabilitation after Anterior cruciate ligament reconstruction." Korean Society of Sports Medicine, Vol. 23, No. 3 pp. 241-245, 2005.
- [2] S. J. Park, "The Effects of Electrical Stimulation Method on Muscle Strength, Pain, Range of Motion, Fear Avoidance-Belief in Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 18, No. 6 pp. 538-546, 2017.
- [3] Y. J. Kim, "Exercise Treatment of Knee Joint after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Operation." Journal of the Korean Society of Physical Medicine, Vol. 3, No.1 pp. 27-37, 2008.
- [4] Meier, W., Mizner, R., Marcus, R., Dibble., Peter, C., & Lastayo, P. C. "Total knee arthroplasty: muscle impairments, functional limitations, and recommended rehabilitation approaches. journal of orthopaedic & sports physical therapy, Vol. 38, No.5 pp. 246-256, 2008.
- [5] Wylde, V., Rooker, J., Halliday, L., & Blom, A. "Acute postoperative pain at rest after hip and knee arthroplasty: severity, sensory qualities and impact on sleep." journal of orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, Vol. 97, No.2 pp. 139-144, 2011.
- [6] Mizner, R. L., Petterson, S. C., & Snyder-Mackler, L. "Quadriceps strength and the time course of functional recovery after total knee arthroplasty." journal of orthopaedic & sports physical therapy, Vol. 35, No.7 pp. 424-436, 2005.
- [7] Bade, M. J., Kohrt, W. M., & Stevens-Lapsley, J. E. "Outcomes before and after total knee arthroplasty compared to healthy adults." journal of orthopaedic & sports physical therapy, Vol. 40, No.9 pp, 559-567, 2010.
- [8] Andrea Biscarinin, Samuele Contemori, Daniele Busti, Fabio M Botti, Vito E.Pettorossi "Knee flexion with quadriceps cocontraction : A new therapeutic exercise for the early stage of ACL rehabilitation" Journal of Biomechanics 49, pp. 3855-3860, 2016.
- [9] Y. S. Jin, T. G. Jeong, "Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation of the Vastus Medialis on Pain and Muscle Function in Patients with Knee Osteoarthritis" The Korea Contents Society, Vol. 12, No. 1 pp. 329-337, 2012.
- [10] E. A. Lee, J. C. Byun. "The effects of accelerated rehabilitation, exercise program after anterior cruciate ligament reconstruction." The Korean Journal of Growth and Development, Vol. 14, No. 1 pp. 61-69, 2006.
- [11] Huber, E. O., Roos, E. M., Meichtry, A., de Bie, R. A., & Bischoff-Ferrari, H. A. "Effect of preoperative neuromuscular training on functional outcome after total knee replacement : an assessor-blinded rancomized controlled trial. BMC musculoskeletal disorders, Vol. 16, No. 1, 2015.
- [12] Qin, L., Appell, H.-J., Chan, K., & Maffulli, N. "Electrical stimulation prevents immobilization atrophy in skeletal muscle of rabbits." Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Vol. 78, No. 5 pp 512-517, 1997.
- [13] Delitto, A., Mckowen, J. M., McCarthy, J. A., Shively, R. A., & Rose, S. J. "Electrically elicited co-contraction of thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery." Physical Therapy, Vol. 68, No. 1 pp. 45-50, 1988.
- [14] K. M. Kim, Croy, T, Hertel, J, Saliba, S, "Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Quadriceps Strength, Function, and Patient-Oriented Outcomes: A Systematic Review", J Orthop Sports Phys Ther, Vol. 40, No. 7 pp. 383-391, 2010.
- [15] W. H. Choi, W. T. Shin, "The Effect of the application of electrical stimuli and Ultrasound on Muscle Performance and Pain in Patient with Chronic Low Back Pain" Korean journal of sport science, Vol. 18, No. 4 pp. 911-918, 2009.
- [16] Moritani T, Muro M, Kijima A. "Electromechanical

- changes during electrically induced and maximal voluntary contractions: electrophysiologic responses of different muscle fiber types during stimulated contractions." *Exp Neurol*. Jun;88(3):471-83, 1985.
- [17] T. S. Suh, S. Y. Jo, B. M. Kwon, "The Effects of the Resistant Isometric Quadriceps femoris muscle strengthening exercise on Degenerative Knee Arthritis Patients" *Journal of the Korean Academy of Health and Welfare for Elderly*, Vol. 1, No. 2 pp. 123-136, 2010.
- [18] C. Park, "The Effects of Balance Exercise Accompanied by Muscle Strengthening on Balance, Muscular Strength, WOMAC, Pain and Depression Index of the Elderly who Received Total Knee Arthroplasty." Daegu University Dissertation of Master Degree, 2016.
- [19] H. C. Nam, Y. H. Cho, "The Effects of Extension Exercise program in LBP Patients when Using Kinesio Taping." *Korean journal of physical education*, Vol. 49, No. 4 pp. 429-436, 2010.
- [20] D. H. Moon, D. H. Oh, S. A. Zhang, J. K. Lee, "Effects of Backward walking Exercise on ROM, VAS score and Proprioception in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* Vol. 17, No. 5 pp. 522-529, 2016.
- [21] Y. T. Hwang, K. O. Hwang, "The Effect of Isometric Exercise and Active Stretching on Joint Function in Patient with Osteoarthritis." *The journal of Korean society of physical therapy*, Vol. 18, No. 2 pp. 35-45, 2006.
- [22] Y. I. Kim, J. S. Park, "Development and Evaluation of a Joint Health Self-management Program for the Elderly with Knee Osteoarthritis in Communities : Applying the IMB Model." *Korean Academy of Community Health Nursing*, Vol. 28, No. 1 pp. 55-68, 2017.
- [23] Arnold, C. M., et al., "The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults." *J Strength Cond Res*, 24(3):p. 815-24, 2010.
- [24] S. Y. Kim, "Muscle Strength Ratio and Q-angle in Patients With Osteoarthritis of The Knee:A Comparative Study With Healthy Persons." *Korean Research Society of Physical Therapy*, Vol. 12, No. 1 pp. 45-53, 2005.
- [25] S. H. Lee, "The Effects of physical therapy intervention methods on range of motion, muscular strength, and balance after total knee replacement" Kwangju women's University Dissertation of Master Degree, 2014.
- [26] Palmieri-Smith. R. M, Thomas. A. C, Wojtys. E. M, "Maximizing Quadriceps Strength after ACL Reconstruction", *Clin Sports Med*, Vol. 27, No. 3 pp. 405-424, 2008.
- [27] Secrist. E. S, Freedman. K. B, Ciccotti. M. G, Mazur. D.W, Hammoud. S, "Pain Management After Outpatient Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Systematic Review of Randomized Controlled Trials", *Am J Sports Med*, Vol. 44, No. 9 pp. 2435-2447, 2016.
- [28] Mintken. P. E, Carpenter. K. J, Eckhoff. D, Kohrt. W. M, Stevens. J. E, "Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Optimize Quadriceps Muscle Function Following Total Knee Arthroplasty: A Case Report", *J Orthop Sports Phys Ther*, Vol. 37, No. 7 pp. 364-371, 2007.
- [29] Ward, A. R., & Shkuratova, N. "Russian electrical stimulation: the early experiments," *Journal of Physical Therapy*, vol. 82, no. 10, pp. 1019-1030, 2002.
- [30] Y. H. Lee, "Functional Electrical Stimulation to Ankle Dorsiflexor and Plantarflexor Using Single Foot Switch in Patients With Hemiplegia from Hemorrhagic Stroke." *Annal of Rehabilitation Medicine*, Vol. 38, No. 3 pp. 310-316, 2014.
- [31] Y. H. Kim, K. W. Kim, H. J. Min, U. S. Yoon, K. H. Cho, D. Y. Kim, S. R. Kim, "Analysis of the Factors that Influence the Range of Motion after Total Knee Arthroplasty." *Knee Surgery and Related Research*, Vol. 11, No. 1 pp. 20-25, 1999.
- [32] Kisner, C., & Colby, L. A. "Therapeutic exercise. foundations and techniques." philadelphia, pp. 61-108, 109-112, 1996.
- [33] S. Y. Kang, "General Conceptions of Physical Therapy." Vol. 8, No. 12 pp. 23-30, 1984.
- [34] Thorstensson, A. "How is the normal locomotor program modified to produce backward walking?" *Experimental brain Research*, Vol. 61 No. 3 pp. 664-668, 1986.
- [35] Winter, D.A., Pluck, N. & Yang, J. F. "Backward walking. A simple reversal of forward walking?" *Journal of Motor Behavior*, Vol. 21 No. 3 pp. 291-305, 1989.
- [36] H. J. Yeon, "Effect of Exercise Program on Thigh Muscle Area and Lower Extremity Muscle Strength of Patients Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction." Seoul National University, Department of Nursing, 2006.
- [37] C. H. Bae, "The Effects of Strengthening the knee Muscles, Balance, and Ambulation by Using Registive Exercises Combined with Vibration Stimuli in Patients with Post ACL Surgery." Daegu University Dissertation of Master Degree, 2013.
- [38] B. G. Pietrosimone, J. M. Hart, S. A. Saliba, J. Hertel, C. D. Ingersoll. "Immediate effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and focal knee joint cooling on quadriceps activation," *Journal of Medicine & Science in Sport & Exercise*, vol. 41, no. 6 pp. 1175-1181, 2009.
- [39] D. K. Kim, W. H. Park, " Clinical Measurement of Muscle Strength and Laxity in Relation to Dynamic Postural Stability in Anterior Cruciate Ligament Deficient Knees." *Korean Society of sport Medicine*, Vol. 25, No. 1 pp. 92-97, 2007.
- [40] Triston Shaw, Marie T Williams and Lucy S Chipchase, "Do early quadriceps exercises affect the outcome of ACL reconstruction?" *School of Health Sciences, University of South Australia*, 2005.
- [41] Risberg, M. A., Holm, I., Tjomsland, O., Ljunggren, E., & Ekeland, A. "Prospective study of changes in impairments and disabilities after anterior cruciate ligament reconstruction." *J Orthop Sports Phys Ther*, Vol. 29, No. 7, 1999.
- [42] Pollock, R. D., Provan, S., Martin, F. C., & Newham, D. J. "The effects of whole body vibration on balance, joint position sense and cutaneous sensation. *Eur J Appl physiol*, Vol. 111, No. 12 pp. 3069-3077, 2011.

- [43] Kasai, T., Kawanishi, M., & Yahagi, S. "The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion-extension movements." Exp Brain Res, Vol. 90, No. 1 pp. 217-220, 1992.
-

민 동 기(Dong-Ki Min)

[정회원]



- 2013년 12월 : 계명대학교 대학원 의학과 재활의학전공(의학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 대구보건대학교 물리치료과 교수

<관심분야>

전기치료학, 광선치료학, 수치료학

이 상 재(Sang-Jae Lee)

[정회원]



- 2017년 8월 : 대구대학교 재활과학 대학원 물리치료학과 물리치료전공 (이학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 대구보건대학교 물리치료과 외래 교수
- 2015년 6월 ~ 현재 : 대구 더열린 병원 물리치료실 부실장

<관심분야>

근골격계 운동치료학, 스포츠 물리치료학